

천연산 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*) 혼인색의 색소 조성

김화선 · 김유희 · 조재윤 · 윤길하 · 하봉석*
부경대학교 양식학과, *경상대학교 식품영양학과

Nuptial Color Component of the Korean Rose Bitterling (*Rhodeus uyekii*)

Hwa Sun KIM, Youhee KIM, Jae-Yoon JO, Gil Ha YOON and Bong-Seuk HA*

Department of Aquaculture, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

*Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

The rose bitterling (*Rhodeus uyekii*), aboriginal fish of Korea, have beautiful nuptial colors on the body and fins in their spawning season. So, this species has high possibility to become a new ornamental fish. However, nothing is known about the color composition of body colors of this species. Therefore, this study was conducted to investigate the color component of the skin and fins of the bitterling collected from natural environment. The major component of the nuptial colors was carotenoids according to the present study. Amount of total carotenoids on the skin and fins, had a tendency to be higher during the spawning season than the non-spawning season; it was 4.99 mg% during spawning season and 4.18 mg% during non-spawning season. The composition of carotenoid during spawning season was 36.7% of zeaxanthin, 30.1% of β -carotene, and 16.4% of diatoxanthin. The composition of carotenoid during non-spawning season was 41.2% of β -carotene, 18.1% of diatoxanthin, and 14.0% of isocryptoxanthin. The major component of the carotenoid during spawning season turned out to be zeaxanthin while the major component of the carotenoid during non-spawning season was β -carotene.

Key words: rose bitterling, *Rhodeus uyekii*, ornamental fish, carotenoid, nuptial color, body color

서 론

최근 아파트와 같은 정적인 주거 공간의 확대로 정서 순화를 위해 어항 및 수족관을 설치하면서 관상어의 수요도 크게 증가하여, 수입 관상어의 종류가 100여 종에 이르고, 그 수도 엄청나게 증가하고 있는 실정이다. 그러나 대량으로 수입된 관상어들은 가격도 비쌌 뿐만 아니라, 적절한 사료 공급의 어려움 등 사육이 용이하지 않고, 우리의 기후와 자연 환경에 잘 적응하지 못하는 것들이 대부분이다. 또한 수입된 어종 가운데는 국내에서도 서식하는 종들이 품종 개량이 되어 재수입되는 경우도 많이 있고, 모양과 습성이 비슷한 것들도 많다고 알려져 있어서 외화를 낭비하는 측면도 있다. 그러므로 무분별한 관상어의 수입을 억제하고, 우리의 강과 하천에 서식하는 토종의 재래 담수어들을 보호 육성하여 관상어로 활용하기 위한 연구가 어느 때보다 필요한 때이다.

현재 우리 나라의 강과 하천에 서식하는 담수어는 대략 150여 종이 있으며, 체색 및 형태, 생활 습성, 산란 습성 등이 특이한 것도 많다. 그 중에서 납자루과에 속하는 납자루, 납지리, 줄납자루, 칼납자루, 달납자루, 각시붕어 등의 어류들은 혼인색이 화려하고 산란 습성 및 생활 습성 등이 특이하여 일부 관상어 애호가들에 의해 자연 하천에서 채집되어 길러지기도 하고, 생태 및 산란 주기, 생활사 등에 관한 연구도 상당히 이루어지고 있는 편이다. 그러나 산업적으로 관상용 어류로 연구되거나 개발되어 시중에 유통되고 있는 어종은 거의 없고 이들의 혼인색 색소에 대한 연구도 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구는 납자루과 어류 중 체장이 5~6 cm 정도로 작고, 담수산 이매페 (두드럭조개, 말조개, 필조개, 대칭이 등) 새엽내에 규칙적인 춘계다회 (春季多回) 산란을 행하는 특이한 산란 습성과

혼인색이 아름답고 먹이 순치와 사육이 쉬워서 (An, 1995b), 관상어로서의 개발 가능성이 높은 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)를 우리나라 토종 관상어류로서의 활용 가능성을 알아보기 위한 기초 조사의 일환으로 자연 상태에서 서식하는 각시붕어의 연중 생식소 중량지수와 체색 변화를 조사하였고, 혼인색의 성분 조성에 대한 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

실험어

실험에 사용된 천연산 각시붕어는 1996년 7월부터 1998년 4월까지 낙동강 지류와 청평댐에서 20여 회에 걸쳐 망목 4 mm×4 mm 끝판과 플라스틱 통발로 암컷 450 마리와 수컷 520 마리를 채집하였다. 이 중 1997년 5월말에서 6월말 사이에 채집된 암, 수 50 마리씩은 산란기형 (평균 체장: 4.1 cm, 평균 체중: 0.94 g), 10 월초에서 11 월초 사이에 채집된 암, 수 50 마리씩은 비산란기형 (평균 체장: 5.2 cm, 평균 체중: 1.7 g)으로 구분하였다. 또한 매월 채집된 체장 4.0 cm 이상의 성숙어 암, 수 각각 10 마리씩은 생식소 중량지수 (Gonadosomatic Index, GSI) 측정과 체색 변화, 환경요인들을 구명하는데 사용하였으며, 혼인색이 나타나는 표피와 지느러미 부위를 분석용 시료로 사용하였다.

혼인색의 구분

체색은 육안으로 관찰한 후, 혼인색이 전혀 나타나지 않고 배경색으로 유백색과 옅은 푸른색이 보일 때를 0으로 하고, 유백색 바탕에 푸른색이 선명하고 암갈색의 축선이 보일 때를 1, 표피

전체 배경색인 유백색과 푸른색이 선명하고 측선과 눈, 지느러미 일부에 적황색의 혼인색이 보일 때를 2, 표피 전체 배경색인 유백색과 푸른색이 선명하여 빛의 산란 현상이 나타나고 측선과 눈, 지느러미 전체에 적황색의 혼인색이 짙게 보일 때를 3으로 구분하여 나타내었다.

Carotenoid의 추출 및 정량

Carotenoid의 추출은 각시붕어의 표피 및 지느러미를 취하여 실온에서 acetone으로 3회 이상 추출하였다. 추출액에 petroleum etherI (PE)와 다량의 물로서 분액 조작하여 carotenoid를 PE 층으로 전용시킨후, PE 층을 Na₂SO₄로서 탈수시키고, 40°C 이하의 N₂ 기류하에서 감압 증류하여 60% KOH/MeOH 용액으로 검화하여 얻은 불검화물을 총 carotenoid로 하였다.

총 carotenoid의 정량은 PE 층에서의 가시부 흡수스펙트럼 (350~550 nm)의 흡수 극대치의 흡광도에 의하여 McBeth (1972)의 방법에 따라 흡광계수 E_{1cm}^{1%} (2,400)으로 하여 다음 식에 의하여 계산하였다.

$$\text{Total carotenoids (mg\%)} = \frac{O.D. (\lambda_{max}) \times Vol \times 1000}{E_{1cm}^{1\%} \times \text{weight of tissue (g)}}$$

$$\text{Percentage (\%)} = \frac{Vol \times O.D. (\lambda_{max}) (\text{each fraction}) \times 100}{\sum [Vol \times O.D. (\lambda_{max}) (\text{each fraction})]}$$

이외 carotenoid의 분리, 정제 및 동정에 대한 내용은 Park et al. (1994)과 Lee et al. (1996)의 방법을 사용하였다.

결과 및 고찰

An (1995a, b)은 각시붕어의 생식 주기와 생식 주기에 미치는 광주기 및 수온의 영향에 대해 연구한 결과 1, 2월은 2차 성장기 및 성숙기, 3월에서 6월은 완숙 및 산란기, 고 수온기인 7, 8월은 퇴화 및 휴지기, 춘계와 비슷한 환경 상태이나 수온과 낮 길이가 감소하는 시기인 9월에서 11월은 1차 성장기, 연중 낮 길이가 가장 짧고 수온도 저 수온 시기인 12월은 정체기로 나타내었다. 본 실험에서 월별 채집된 각시붕어의 체색 변화는 수온 변화 및 광주기 변화와 비슷한 경향을 나타내었으며, 생식소 증량지수 (GSI)의 경우 An (1995a, b)의 결과와 비슷한 형태로 생식 주기가 나타남을 알 수 있었다 (Fig. 1).

GSI와 관련하여 각시붕어 체색의 변화를 관찰해 본 결과 암컷과 수컷 사이에 큰 차이는 없었으나, 수컷의 체색이 더 선명하였으며, 또한 몸집이 큰 것일수록 체색이 더 선명하고 짙었다. 몸의 전체에 나타나는 유백색과 푸른색은 산란기와 관계없이 연중 나타나지만, 측선과 지느러미에 나타나는 적·황색은 4월 초순부터 나타나기 시작하여 5월 중순과 6월 초순 사이에 가장 짙었으며, 그 이후부터 옅어지기 시작하여 12월에서 2월 사이는 거의 나타나지 않았다. 이것은 각시붕어의 체색 변화가 산란 주기와 밀접한 관계가 있으며, 5~6월에 분명히 나타나는 적·황색이 혼인색이라는 것을 보여 주는 결과이다.

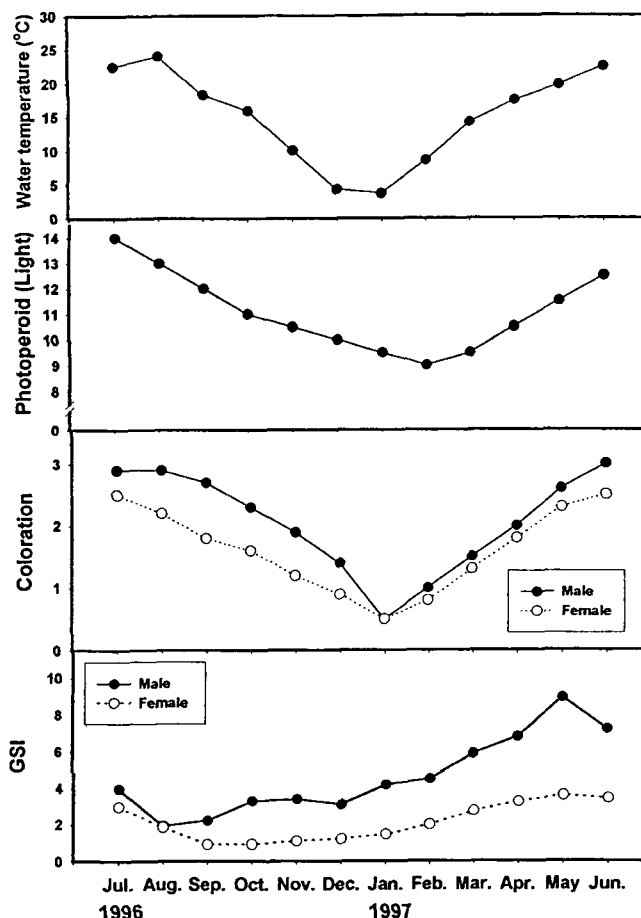


Fig. 1. Changes of gonadosomatic index and coloration of the Korean rose bitterling, *R. uyekii* in the natural condition.

혼인색을 띄는 표피와 지느러미 부분을 분석해 본 결과 carotenoids 계통의 색소인 것으로 밝혀졌으며, 붉은 색의 색소를 지닌 적색소담체 (erythrophores)와 황색 색소를 가진 황색소담체 (xanthophores)로 나타났다. 각시붕어의 표피 및 지느러미로부터 추출한 carotenoid를 p-TLC한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. 검화 전에는 단일 band로 나타났으나, 검화 후에는 6개의 band로 분리되어 각시붕어의 carotenoid는 ester type으로 존재하는 것임을 알 수 있었고, No. 3과 4, No. 6, 7과 8의 2 그룹의 band는 전개된 형태로 보아 혼합물임을 추정할 수 있었다. 이들 band를 분리 정제하기 위하여 검화한 총 carotenoid를 column chromatography 및 HPLC를 행한 결과, Fig. 3과 4에 나타난 것처럼 9개의 band 및 peak로 분리되었다. 분리, 정제한 각 fraction (Fr)에 대한 PE, ethanol, chloroform 및 benzene에 있어서의 가시부 흡수 spectrum의 흡수극대치는 Table 1에 표시하였다.

Fr. 1: 100% p.e로 용출된 Fr. 1은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 448과 475.5 nm로 나타나 β-carotene과 일치하였으며, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 446와 473 nm로서 2 nm blue shift 하였다. 표품의 β-carotene (F. Hoffman-La Roche Co.)과의 co-TLC 및 co-HPLC 한 결과

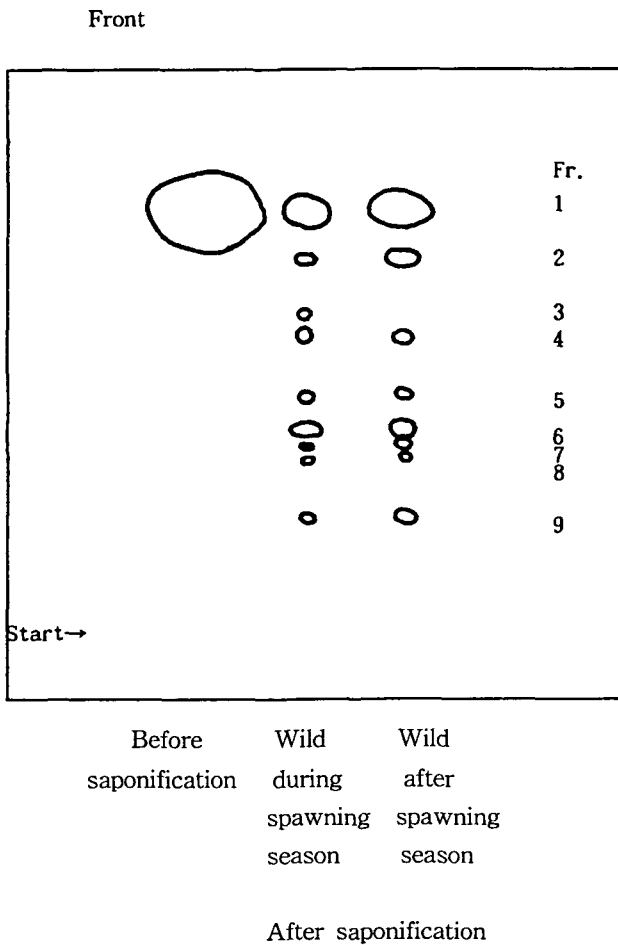


Fig. 2. Preparative thin-layer chromatogram of carotenoids in the integument of the natural Korean rose bitterling, *R. uyekii*.
 Absorbent : Silicagel 60G
 Developer : Petroleum ether : Acetone (70 : 30)

단일대가 얻어져 β -carotene으로 동정하였다.

Fr. 2: 5% acetone/PE로 용출된 Fr. 2는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 475.5와 476 nm로 나타나 β -carotene type의 흡수 spectrum을 나타냈으며, I_2 에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 445와 472.5 nm로서 2 nm blue shift 하였다. 표품 echinenone (F. Hoffman-La Roche Co.)의 $NaBH_4$ 에 의한 환원 반응시 Fig. 9와 같은 isocryptoxanthin의 흡수 극대치를 나타냈으며, 표품과 함께 co-HPLC 한 결과 단일대가 얻어져 isocryptoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 3: 10% acetone/PE로 용출된 Fr. 3은 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 447.5와 476 nm로 나타나 β -carotene type의 흡수 spectrum을 나타냈으며, I_2 에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 444와 473 nm로서 4 nm blue shift 하였다. 한편, 옥수수로부터 얻은 표품 (Lee et al., 1981)의 α -cryptoxanthin과 co-HPLC한 결과 단일대가 얻어져 α -cryptoxanthin으로 동정하였다.

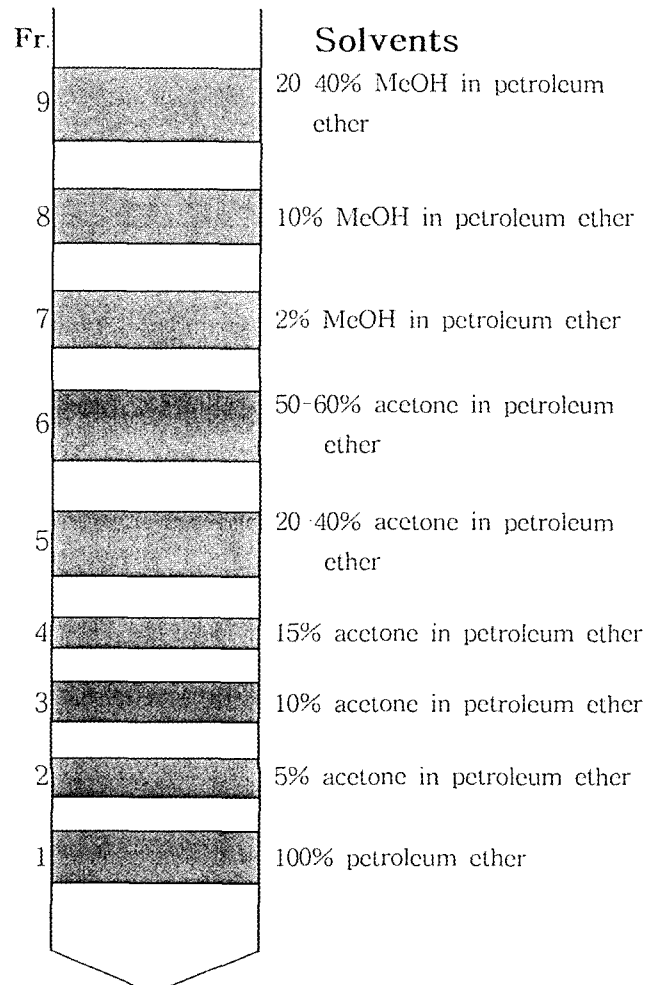


Fig. 3. Column chromatography of saponified carotenoids in the integument of the natural Korean rose bitterling, *R. uyekii* on MgO/celite 545 (1:1).

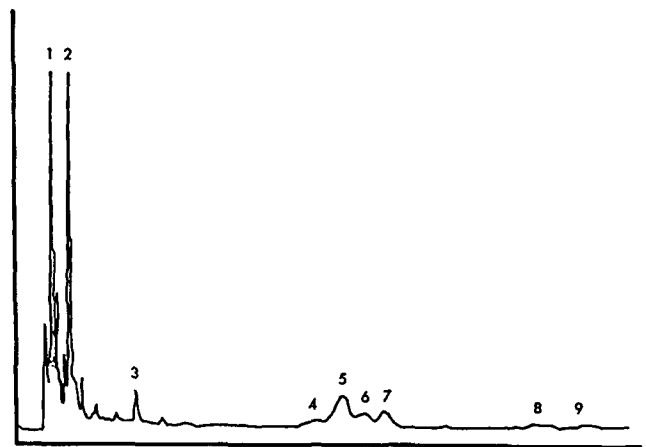


Fig. 4. HPLC chromatogram of carotenoids in the integuments of the natural Korean rose bitterling, *R. uyekii*.
 1. β -carotene 2. isocryptoxanthin 3. α -cryptoxanthin
 4. canthaxanthin 5. lutein 6. zeaxanthin
 7. diatoxanthin 8. cynthiaxanthin 9. triol

Table 1. Absorption maxima of the isolated carotenoid in the integuments of the Korean rose bitterling, *R. uyekii*

Fractions*	Absorption maxima (nm)										Identification				
	in Petroleum ether		in Ethanol		in Chloroform		in Benzene								
1	448	475.5	448	476	463	490	461.5	489	β-carotene						
2	447.5	476	446	473	458	488	461	488	Isocryptoxanthin						
3	447.5	476	446	472.5	455	481.5	456	483	α-Cryptoxanthin						
4	459		479.5				473		Canthaxanthin						
5	420	442	470.5	416	442	469	428	455.5	484	431	456.5	483.5	Lutein		
6	447	474			447	474.5			458	486			459	487	Zeaxanthin
7	449	478			452	479.5			461.5	490			462	491	Diatoxanthin
8	450	479			453	480			461.5	491			462	492.5	Cynthiaxanthin
9	445	468			444	468			458	484			460	486	Triol

* The fraction were isolated by column chromatography

Fr. 4: 15% acetone/PE로 용출된 Fr. 4는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 459 nm의 keto carotenoid 특유의 single band로 나타났고 NaBH₄에 의한 환원 반응 결과, 449와 476 nm의 β-carotene type의 흡수 spectrum을 나타냈으며, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 445와 474 nm로서 2nm blue shift 하였다. 표준 canthaxanthin (F. Hoffman-La Roche Co.)과 co-TLC 및 co-HPLC한 결과 단일대가 얻어져 canthaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 5: 20~40% acetone/PE로 용출된 Fr. 5는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 420, 442 와 470.5 nm의 α-carotene type의 흡수 극대치를 나타냈으며, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 418, 441.5, 468 nm로서 1 nm blue shift 하였다. 한편, 금잔화 (*Tagetes erecta*)의 꽃잎으로부터 추출한 표준 lutein (Kang and Ha, 1994)과 co-TLC 및 co-HPLC한 결과, 단일대가 얻어져 lutein으로 동정하였다.

Fr. 6: 50~60% acetone/PE로 용출된 Fr. 6의 가시부 흡수 spectrum의 측정결과, 흡수극대치가 447과 474 nm의 β-carotene type의 흡수 극대치를 나타냈으며, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 443과 471 nm로서 4 nm blue shift 하였다. 한편 옥수수로부터 추출한 표준 zeaxanthin (Lee et al., 1981; Kang and Ha, 1994)과 co-TLC 및 co-HPLC한 결과, 단일대가 zeaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 7: 2% MeOH/PE로 용출된 Fr. 7의 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 449와 475.5 nm를 나타냈으며, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 442와 467 nm로서 7 nm blue shift 하여 acetylenic bond가 1개인 diatoxanthin은 7~8 nm blue shift한다는 보고 (Matsuno et al., 1974)와 일치하였으며, 한편 송어로부터 추출한 표준 diatoxanthin과 co-TLC 및 co-HPLC한 결과, 단일대가 얻어져 diatoxanthin으로 동정하였다.

Fr. 8: 10% MeOH/PE로 용출된 Fr. 7의 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 450과 479 nm를 나타냈으며, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 439와 468 nm로서 11 nm blue shift 하여 acetylenic bond가 2개인 cynthiaxanthin은 10~12 nm blue shift한다는 보고 (Matsuno et al., 1974)와 일치하였으며, 한편 우렁쉥이로부터 추출한 표준 cynthiaxanthin과 co-TLC 및 co-HPLC한 결과, 단일대가 얻어져 cynthiaxanthin으로 동정하였다.

Fr. 9: 20~40% MeOH/PE로 용출된 Fr. 9는 가시부 흡수 spectrum의 측정 결과, 흡수극대치가 445와 468 nm의 β-carotene type의 흡수 spectrum을 나타냈으며, I₂에 의한 이성화 반응 생성물의 가시부 흡수 spectrum은 441과 464 nm로서 4 nm blue shift 하였다. TLC 및 HPLC를 행하여 Kweon and Ha (1996)의 수치와 비교한 후, triol로 동정하였다.

각시붕어의 총 carotenoid 함량은 산란기에 4.99 mg%, 비산란기는 4.18 mg%로 나타나 산란기 때 다소 높은 경향을 보였다 (Table 2). 한편, 다른 천연산 어류의 총 carotenoid 함량은 쏘가리 (*Siniperca scherzeri*)의 경우 산란기 2.8 mg%와 비산란기 2.1 mg%를 나타내었고, 꺾지 (*Coreoperca herzi*)의 경우 산란기와 비산란기 각각 3.5 mg%와 2.7 mg%로 나타나 각시붕어에 비해 총 carotenoid 양은 낮게 나타났다 (Lee et al., 1996). 비산란기 중의 총 carotenoid 함량을 비교해 보면 미꾸리아과의 미꾸라지에서 4.76 mg%, 미꾸리는 4.00 mg%와 나일틸라피아 (*Oreochromis niloticus*)는 4.7 mg%로 각시붕어보다 높았으나 (Matsuno et al., 1986; Park et al., 1994), 해산어류 중에서 천연산 넙치와 참돔에서 1.83 mg%와 1.69 mg%, 그리고 납지리와 줄납자루는 0.8~2.3 mg%으로 각각 나타나 본 실험 결과 보다 다소 낮은 함량을 보였다 (Katsuyama et al., 1987; Kweon and Ha, 1996).

각시붕어의 산란기 때 carotenoid 조성은 zeaxanthin 36.7%, β-carotene 30.1% 및 diatoxanthin 16.4%로서 주성분을 이루고,

Table 2. Amount and percentage composition of individual carotenoid in the integument of the Korean rose bitterling, *R. uyekii* (% in carotenoids)

Relative composition (%)	Wild during spawning season ¹	Wild after spawning season ²
β-carotene	30.1	41.2
Isocryptoxanthin	1.6	14.0
α-cryptoxanthin	2.9	—
Canthaxanthin	0.7	3.4
Lutein	2.3	1.3
Zeaxanthin	36.7	6.8
Diatoxanthin	16.4	18.1
Cynthiaxanthin	—	10.2
Triol	6.2	—
Unidentified	3.1	4.7

¹Total carotenoid : 4.99 mg/100 g

²Total carotenoid : 4.17 mg/100 g

그 외 triol 6.2%, α -cryptoxanthin 2.9%, lutein 2.3%, isocryptoxanthin 1.6% 및 canthaxanthin 0.7%의 순으로 함유하고 있었으며, 비산란기에는 β -carotene 41.2%, diatoxanthin 18.1% 및 isocryptoxanthin 14.0%로서 주성분을 이루고, 그 외 cynthiaxanthin 10.2%, zeaxanthin 6.8%, canthaxanthin 3.4% 및 lutein 1.3%의 순으로 나타나, 혼인색을 띠는 산란기 때 carotenoid의 주성분인 zeaxanthin의 함량이 5배 이상 증가하는 것으로 나타났다 (Table 2). 이와 반대로 쏘가리와 꺾지의 경우 산란기의 총 carotenoid 성분중 zeaxanthin의 양은 각각 5.1%와 6.7%로 비산란기 때의 12.9%와 14.3%보다 오히려 감소하는 경향을 각각 나타내었으며, 산란기 중 tunaxanthin의 함량이 두어종 모두에서 약 2배 가량 증가하는 것으로 나타났다 (Lee et al., 1996).

또한, Kweon and Ha (1996)의 보고에 의하면, 산란기의 납지리, *Paracheilognathus rhombea*와 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae*의 경우 암컷과 수컷에 있어서 carotenoids 색소 성분에 차이를 나타내고 있는데, 더욱 화려한 혼인색을 나타내는 수컷의 경우 tunaxanthin의 양이 증가하는 것으로 나타났으며, 납지리의 경우 zeaxanthin의 함량이 수컷의 경우 더 높게 나타났으나, 줄납자루의 경우 tunaxanthin의 함량이 3배 가량 증가하고 zeaxanthin의 함량은 다소 감소하는 것으로 나타나 혼인색을 나타내는 carotenoid의 색소 조성은 어종마다 차이가 있음을 보여주었다.

Ha et al. (1997)은 주요 양식 어종을 대상으로 체색 개선을 위해 사료중 carotenoid를 첨가하여 표피의 carotenoid 함량을 증가시킬 수 있는 것으로 보고하였으며, 특히, 무지개송어, 산천어, 볼락 및 우럭의 경우 표피 carotenoid의 주성분으로 zeaxanthin이 검출되었다. 그러므로 앞으로 각시붕어의 관상어로서의 가치를 증가시키기 위해 carotenoid 첨가 사료를 이용한 혼인색 발현에 대한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

한국 특산어인 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)는 산란기인 5월 중순에서 6월 초순 사이에 나타나는 혼인색이 아름다워 관상어로서의 개발 가능성이 높다. 따라서 혼인색이 가장 많이 나타나는 시기에 이 어류의 체표, 지느러미 등에 분포하는 색소 조성을 알아보았다.

각시붕어 혼인색의 주성분은 carotenoids인 것으로 나타났다. 천연산 각시붕어의 표피 및 지느러미 부위의 총 carotenoid의 함량은 산란기 어류에서 4.99 mg%, 비산란기는 4.18 mg%로 나타나 산란기에서 다소 높은 경향을 나타냈다. Carotenoids의 조성에서는 자연 수계에서 산란기에서는 zeaxanthin 36.7%, β -carotene 30.1% 및 diatoxanthin 16.4%, 비산란기에서는 β -carotene 41.2%, diatoxanthin 18.1% 및 isocryptoxanthin 14.0%로 나타나 산란

기의 carotenoid 주성분은 zeaxanthin이며 비산란기의 carotenoid 주성분은 β -carotene으로 carotenoids 조성의 차이를 보였다.

참 고 문 헌

- An, C.M. 1995a. Effects of photoperiod and water temperature on the reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces : Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 7, 43~55 (in Korean).
- An, C.M. 1995b. Reproductive cycle of the spring-spawning bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces : Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 7, 33~42 (in Korean).
- Ha, B.-S., M.-J. Kweon, M.-Y. Park, S.-H. Baek, S.-Y. Kim, I.-O. Baek and S.-J. Kang. 1997. Comparison of dietary carotenoids metabolism and effects to improve the body color of cultured fresh-water fishes and marine fishes. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 26, 270~284 (in Korean).
- Kang, D.-S. and B.-S. Ha. 1994. Metabolism of dietary carotenoids and effects to intensify the body color of cultured sea bass. Bull. Korean Fish. Soc., 27, 272~281 (in Korean).
- Katsuyama, M., T. Komori, and T. Matsuno. 1987. Metabolism of three stereoisomers of astaxanthin in the fish, rainbow trout and tilapia. Comp. Biochem. Physiol., 86B, 1~5.
- Kweon, M.-J. and B.-S. Ha. 1996. Comparison of carotenoid pigments in flat bitterling, *Paracheilognathus rhombea* and Korean striped bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori, in the subfamily Cyprinidae. J. Korean Soc. Food Nutr., 25, 80~86 (in Korean).
- Lee, C.-Y., P.E. McCoon and J.M. Lebowitz. 1981. Vitamin A value of sweet corn. J. Agric. Food Chem., 29, 1294.
- Lee, H.-H., M.-Y. Park, M.-J. Kweon, S.-H. Baek, S.-Y. Kim, D.-S. Kang and B.-S. Ha. 1996. Comparison of carotenoid pigments in Mandarin fish, *Siniperca scherzeri* and Korean perch, *Coreoperca herzi* in the family Serranidae. J. Korean Soc. Food Nutr., 25, 87~93 (in Korean).
- Matsuno, T., M. Katsuyama, T. Hirono, T. Maoka and T. Komori. 1986. The carotenoids of tilapia, *Tilapia nilotica*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 45, 1533~1538 (in Japanese).
- Matsuno, T., S. Nagata and H. Uemura. 1974. Comparative biochemical studies of carotenoids in fishes-I. Carotenoids of Chinese Snakehead. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 40, 489~492 (in Japanese).
- McBeth, J. W. 1972. Carotenoid from nudibranchs. Comp. Biochem. Physiol., 41B, 55~68.
- Park, E.-S., D.-S. Kang and B.-S. Ha. 1994. Comparison of carotenoid pigments in Chinese muddy loach, *Misgurnus mizolepis*, and Muddy loach, *Misgurnus anguillicaudatus*, in the subfamily Cobitidae. Bull. Korean Fish. Soc., 27, 265~271 (in Korean).

1998년 8월 22일 접수

1999년 7월 16일 수리